

KUALIFIKASI OPERATOR MICRO HARDNESS TESTER DI LABORATORIUM IEBE

Hadijaya, Nudia Barenzani
PTBN BATAN
Email : galihway@batan.go.id

Abstrak

Telah dilakukan kualifikasi operator alat *Micro hardness tester* dengan metode Vicker's yang ada di laboratorium IEBE. Kualifikasi dilakukan pada saat *coaching* pengoperasian alat *Micro Hardness Tester*. *Coaching* diikuti 10 orang peserta, terdiri dari 6 orang teknisi IEBE dan 4 orang mahasiswa Unsoed yang sedang melaksanakan praktek kerja lapangan. Tujuan kualifikasi untuk memperoleh informasi mengenai kemampuan teknis calon operator dalam melaksanakan pengujian kekerasan mikro dengan tingkat akurasi yang optimum. Penentuan operator terbaik dalam melaksanakan pengukuran diagonal indentasi adalah dengan membandingkan data hasil uji kekerasan menggunakan satu alat yang sama. Peserta dibagi dalam dua kelompok, masing-masing kelompok menggunakan jenis material standar berbeda yaitu MP. A. 35375.888 (599 HV \pm 1,5%) untuk kualifikasi bagi mahasiswa PKL Unsoed dan MP. A. 37056.189 (855 HV \pm 1,0%) untuk teknisi laboratorium IEBE. Indentasi yang mereka lakukan dengan variasi beban uji 100p, 200p, 300p dan 500p menghasilkan data diagonal jejak. Untuk mengetahui nilai kekerasan material standar (HVN) maka data diagonal jejak diproyeksikan pada tabel standar. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *Micro hardness tester*, operator IEBE yang cermat dalam melakukan pengukuran adalah dengan inisial "Slam", sedangkan dari mahasiswa PKL Unsoed yang cermat dalam melakukan pengukuran adalah berinisial "Yan". Secara keseluruhan, tingkat keberhasilan peserta dalam kualifikasi pengukuran dikategorikan "memuaskan" karena pada penggunaan beban 200p dan 300p mendekati *range* terbawah dari *steel standard*. Kemahiran operator dalam mengukur diagonal indentasi juga dipengaruhi oleh pengalaman pengoperasian alat, sehingga dengan makin sering mengoperasikan alat uji kekerasan mikro maka seorang operator dapat menyajikan data yang akurat.

Kata kunci : Kualifikasi personil, *Micro Hardness Tester*, Metode Vicker's dan laboratorium IEBE.

PENDAHULUAN

Laboratorium sebagai suatu elemen utama dalam menunjang kontrol kualitas produk elemen bakar di PTBN BATAN senantiasa diharapkan untuk selalu meningkatkan kinerja seiring dengan perkembangan zaman. Oleh karena itu, laboratorium dilingkungan PTBN terutama laboratorium uji material IEBE selalu berusaha mengimplementasi ISO/IEC 17025:2005 dalam pengujian-pengujian yang berkaitan dengan produk elemen bakar nuklir.

Laboratorium Uji Bahan IEBE, PTBN-BATAN memiliki sebuah alat *Micro Hardness Tester* type Leitz yang ditempatkan di ruang HR-22. Alat tersebut sering digunakan untuk mengetahui kekerasan mikro bahan struktur elemen bakar nuklir

seperti bahan struktur kelongsong paduan Zirkaloy, paduan Aluminium maupun pelet UO_2 .

Adanya berbagai fenomena pada bahan struktur maupun pelet UO_2 hasil fabrikasi, menarik perhatian para peneliti untuk dikaji dan diteliti secara mendalam melalui kerjasama litbang UO_2 terpadu bidang bahan bakar nuklir dilingkungan PTBN. Beberapa peneliti dibantu sejumlah teknisi telah melakukan fabrikasi pelet UO_2 yang perlu dianalisa mengenai kondisi kekerasan mikronya.

Pelaksanaan *coaching* pengoperasian alat uji kekerasan mikro pelet UO_2 telah dilakukan untuk membekali keterampilan calon operator agar dapat melaksanakan tugas pengukuran distribusi kekerasan mikro pelet UO_2 hasil litbang sekaligus dapat membandingkannya dengan pelet UO_2 standar jenis Cirene. Pada kegiatan *coaching* tersebut dilakukan kualifikasi kepada beberapa operator IEBE dan empat mahasiswa Universitas Jenderal Soedirman yang tengah melaksanakan tugas PKL di laboratorium IEBE.

Diantara usaha untuk menerapkan pelaksanaan ISO/IEC 17025:2005 adalah dengan melaksanakan kualifikasi operator terhadap alat *Mikro hardness tester* dengan metode Vicker's yang ada di HR-22 Laboratorium IEBE.

Metode Kualifikasi dilaksanakan terhadap 10 personil peserta terdiri dari 6 orang operator IEBE dan 4 orang mahasiswa PKL dari Unsoed. Material yang diuji terdiri dari 2 (dua) steel standard yaitu Material *standard* MP.A. 37056.189 dengan batasan $855 \text{ HV} \pm 1,0\%$ dan Material *standard* MP.A. 35375.888 dengan batasan $599 \text{ HV} \pm 1,5\%$. Sedangkan parameter uji dari kedua jenis material tersebut adalah pembebanan 100p; 200p; 300p dan 500p.

Tujuan kualifikasi dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kemampuan teknis para operator dalam melaksanakan pengujian kekerasan mikro dengan tingkat akurasi yang optimum dan memenuhi standar.

Kemampuan daya baca diagonal indentasi antar operator / teknisi tentu tidak selalu sama karena pengaruh faktor kecermatan, ketelitian, kehati-hatian, kemampuan mata (normal/ plus/ minus) serta konsentrasi. Diharapkan hasil kegiatan tersebut dapat membantu mengidentifikasi teknisi/ operator *Mikro Hardness Tester* mana yang mampu mengoperasikan alat dengan kemampuan mengukur sangat baik, yaitu data uji yang dihasilkannya mendekati harga kekerasan material standar.

TINJAUAN TEORI

1. Ketahanan material atas pembebanan

Kekerasan merupakan ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi tekan. Pada permukaan dua komponen yang saling bersinggungan dan bergerak satu terhadap lainnya akan terjadi deformasi elastis maupun plastis^[1]. Deformasi elastis kemungkinan terjadi pada permukaan yang keras, sedangkan deformasi plastis terjadi pada permukaan yang lebih lunak. Pengaruh deformasi bergantung pada kekerasan permukaan bahan (logam). Nilai kekerasan berkaitan dengan kekuatan luluh atau tarik logam, karena selama indentasi (penjejakan) logam mengalami deformasi sehingga terjadi regangan dengan persentase tertentu. Nilai kekerasan *Vicker's* didefinisikan sama dengan beban dibagi luas jejak piramida (indentor) dalam kg/mm^2 dan besarnya kurang lebih tiga kali besar tegangan luluh untuk logam-logam yang tidak mengalami pengerjaan pengerasan cukup berarti^[2]. Keras-lunak permukaan bahan logam di setiap lokasi penjejakan akan berbeda-beda karena faktor kehalusan permukaan, porositas, jenis perlakuan maupun perbedaan unsur-unsur paduan. Diagonal indentasi (d) yang lebih panjang pada suatu bahan uji memberikan pengertian bahwa nilai kekerasan bahan rendah, sebaliknya diagonal jejak lebih pendek memberikan pengertian bahwa nilai kekerasan bahan tinggi. Makin besar beban, diagonal indentasi (d) makin besar pula, di sisi lain makin besar diagonal indentasi maka nilai kekerasan makin rendah. Hal ini tentu saja terkait dengan ketahanan bahan terhadap deformasi yang dilakukan indentor.

2. Alat Uji Kekerasan Metode *Vicker's*

Micro Hardness Tester merupakan suatu alat uji kekerasan indentasi yang bekerja dengan cara penjejakan oleh sebuah indentor berujung keras yang ditekan ke permukaan bahan uji. Uji kekerasan indentasi menggunakan alat model *Leitz Micro Hardness*. Perbedaan kekerasan dapat diketahui dari bentuk indentor yang ditekan pada permukaan material. Alat penguji kekerasan memakai indentor berbentuk piramid ini dapat membuat jejak pada material dengan sejumlah pembebanan tertentu.

Masa penjeakan berlangsung 30 detik dan dapat menghasilkan ketelitian antara 2 - 3 μm . Panjang diagonal jeakan yang diukur pada arah horisontal ditandai sebagai d_1 dan panjang diagonal jeakan pada arah vertikal ditandai sebagai d_2 , lalu dihitung d-rerata sebagai panjang diagonal jeakan. Nilai kekerasan material uji dicari pada tabel yang tersedia dengan memproyeksikan d-rerata serta bobot beban yang digunakan.

Pengembangan uji *Vicker's* (disebut juga dengan uji kekerasan piramida intan) yang dilakukan oleh Standar Nasional Pemerintah Inggris pada tahun 1925 membuat uji kekerasan mikro menjadi suatu prosedur laboratorium yang rutin. Pengujian ini menggunakan indentor intan yang dibentuk secara tepat dan beban yang bervariasi untuk menentukan kekerasan berbagai bahan.

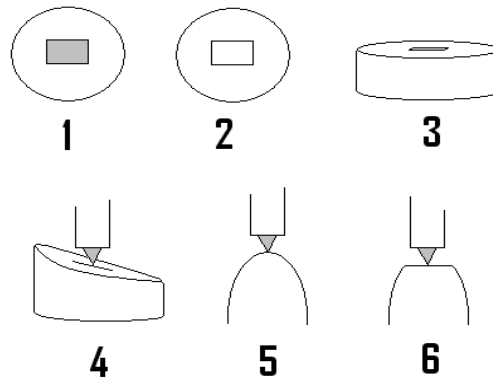
Aplikasi uji kekerasan mikro dilakukan antara lain untuk pengukuran kekerasan suatu bahan yang terlalu kecil jika diukur dengan menggunakan metoda uji kekerasan makro sekaligus juga dapat digunakan untuk mengukur kekerasan produk seperti *foil* atau kawat yang terlalu tipis atau kecil diameternya jika diukur dengan metoda uji kekerasan makro.

Skala kekerasan *Vicker's* mempunyai keunikan pada jangkauannya yang luas, meliputi kekerasan mikro dan makro dengan menggunakan indentor yang sama. Uji kekerasan *Vicker's* yang dilakukan tersebut memakai beban lebih dari 120 kgf, yang sebanding dengan skala uji *Rockwell C* (150 kgf). Jangkauan uji yang luas menyebabkan uji *Vicker's* digunakan pada hampir semua material.

Sebagaimana pemilihan beban ideal yang dilakukan dengan maksud untuk mengetahui pada pemakaian beban berapa agar dihasilkan data kekerasan yang mendekati nilai kekerasan yang tertera pada material logam standar, maka perlu dilakukan kualifikasi pada operator alat atau teknisi. Pada Kualifikasi ini para operator / teknisi diuji kemampuan daya bacanya terhadap hasil indentasi yang dikenai pada material logam standar. Kemampuan daya baca antar operator / teknisi tentu tidak selalu sama. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecermatan, ketelitian, kehati-hatian, kemampuan mata serta konsentrasi. Hasil kualifikasi yang diharapkan adalah operator / teknisi *Mikro Hardness Tester* mampu mengoperasikan alat dengan kemampuan mengukur sangat baik, yaitu data uji yang dihasilkannya mendekati harga kekerasan material standar.

3. Syarat Keberterimaan Bahan Uji

Kondisi bahan uji yang proporsional dalam arti permukaan sampel halus dan rata demikian pula bagian punggung sampel, tentu saja akan memudahkan proses penjejakan.



Gambar 1. Kondisi Bahan Uji dan Keberterimaannya.

Namun sering pula dijumpai keadaan sampel yang tidak sempurna hasil preparasinya (*mounting* dan *grinding*) sehingga memaksa operator *Micro Hardness Tester* untuk menggunakan bahan pengganjal sampel yang dinamakan malam atau *wax*. Penggunaan *wax* sedapat-mungkin dihindari karena memberikan pengaruh pada saat berlangsungnya indentasi.

Berdasarkan kondisi berbagai bahan uji seperti pada Gambar 1, dapat diterangkan sebagai berikut :

1. Kondisi bahan uji buram karena permukaannya ter-oksidasi baik oleh bahan kimia etsa maupun udara sekitar, bahan uji tak memenuhi keberterimaan.
 2. Kondisi bahan uji mengkilap dengan permukaan yang halus, memenuhi keberterimaan.
 3. Kondisi bahan uji dengan permukaan yang rata (*horisontal*), memenuhi keberterimaan.
 4. Kondisi bahan uji yang miring (*kegagalan proses grinding*), bahan uji tak memenuhi keberterimaan.
 5. Kondisi bahan uji yang bulat (*sebelum di-grinding*), bahan uji tak memenuhi keberterimaan.
- Kondisi bahan uji bulat tetapi telah diratakan, memenuhi keberterimaan.

5. Pemilihan Beban Ideal

Dalam melakukan pengujian bahan perlu diperhatikan kesiapan alat uji dengan cara melakukan kalibrasi antara menggunakan bahan uji *Steel Standard* yaitu suatu jenis baja nomor MP. A. 35375.888 (599 HV $\pm 1,5\%$) atau MP. A. 37056.189 (855 HV $\pm 1,0\%$) sebagai standar uji kelaikan alat yang ditetapkan oleh pabrik pembuat *Leitz Micro Hardness Tester*. *Steel Standard* digunakan untuk mengetahui karakteristik instrumentasi tersebut atau sebagai material kalibrasi antara.

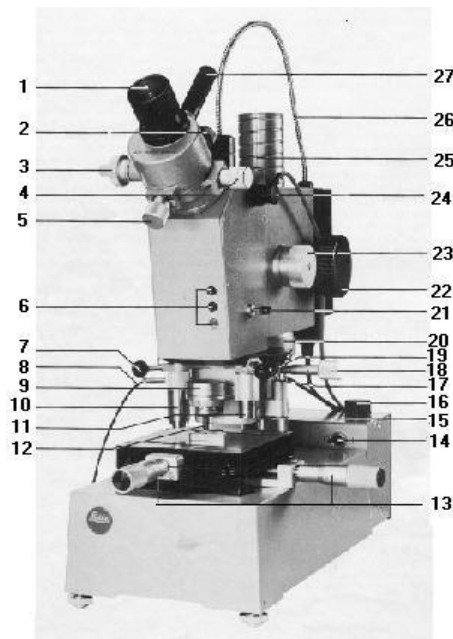
Beban uji yang terdapat dalam box tersebut terdiri dari beberapa massa terendah sampai yang tertinggi, namun yang digunakan untuk kualifikasi, yaitu 100p; 200p; 300p dan 500p. Diantara sejumlah beban tersebut yang digunakan hanya satu saja.

Beban ideal adalah beban uji yang menghasilkan diagonal jejak setara dengan kekerasan mikro yang tercatat pada logam standar. Oleh karena itu guna mengetahui beban uji mana yang terbaik, maka perlu dilakukan *trial and error* yaitu mencoba satu persatu beban tersebut sampai diperoleh sebuah beban ideal.^[3,4]

TEKNIK PENGUJIAN KEKERASAN MIKRO

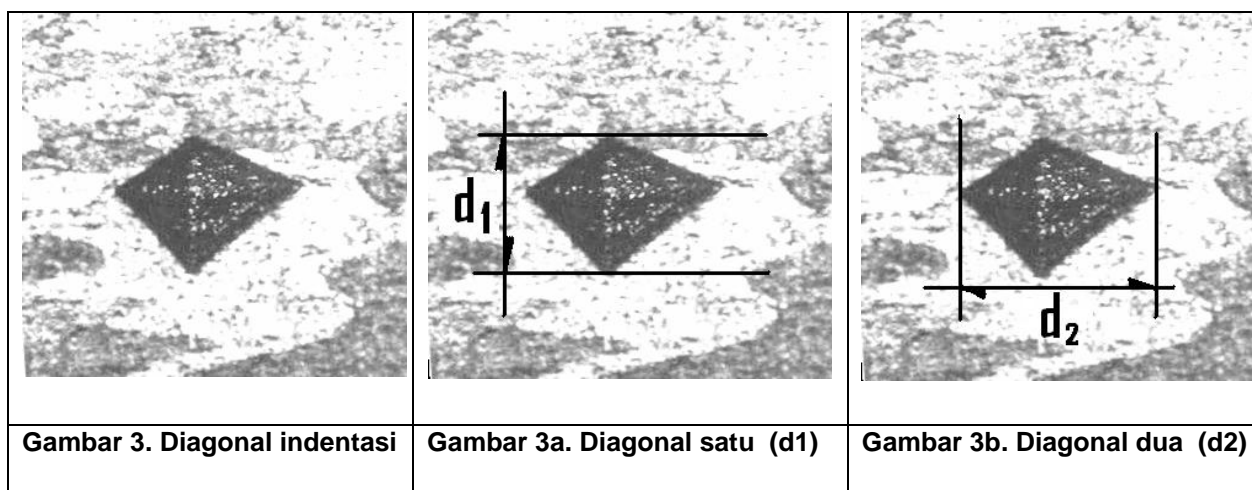
Pengoperasian alat uji kekerasan diawali dari penyiapan bahan uji dan peralatan, dilanjutkan dengan pelaksanaan pengujian yang dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghubungkan *power supply* ke instrumen.
2. Menghidupkan pembangkit beban melalui tombol (14) dan mengatur intensitas cahaya melalui tombol (16). Lampu hijau (6) menyala, instrumen siap dioperasikan (Gambar-2).
3. Memeriksa apakah level air (10 a) berada dalam posisi yang tepat. Jika belum tepat, atur posisinya dengan memutar naik-turun kaki-kaki instrumen.
4. Menempatkan satu beban pemberat yang dikehendaki (misal 100p).
5. Menempatkan sampel (material) yang akan diuji pada landasannya, gunakan sedikit wax bilamana diperlukan dan diratakan memakai alat penekan sampel. Memfokuskan mikroskop melalui pengatur kasar (23).



**Gambar 2. Bagian-bagian penting pada
Micro Hardness Tester type Vicker's.**

6. Menentukan area penjejakan pada sampel dengan memutar *spindel* mikrometer (13).
7. Mengulangi pemfokusan melalui pengatur kasar (23).
8. Mengarahkan penjejak atau *diamond* pada posisi penjejakan dengan memutar *grip* (7) ke arah kiri.
9. Menurunkan penjejak dengan menekan ujung kabel (8) secara penuh kemudian lepaskan. Penjejak akan turun menuju objek (material uji) dengan indikasi lampu merah menyala.
10. Setelah 15 detik berlalu, penjejakan berakhir dengan indikasi lampu kuning menyala.
11. Menaikkan penjejak dengan memutar *knurled* (18) searah jarum jam dengan indikasi lampu kuning padam, lampu hijau kembali menyala.
12. Mengarahkan lensa objektif (10) untuk mengukur diameter jejak dengan menarik *grip* (7) ke kanan.
13. Memusatkan pandangan mata pada garis *intersection* (sebagai contoh 80 μm) dan garis vertikal dengan mengatur area sampel terjejak dan memutar pengatur halus (4 & 5).
14. Skala pada lensa di-nolkan dengan memutar *skrup* (3) sampai tepat garis nol.



15. Mengukur diagonal jejak dengan menggerakkan *skrup* (3) mulai dari garis nol sampai pada batas akhir diagonal (Gambar 3, 3a dan 3b).
16. Diameter jejak akan terbaca, d_1 sebagai diameter jejak arah horisontal dan d_2 sebagai diameter jejak arah vertikal. Jumlahkan d_1 dan d_2 lalu bagi dua sehingga diperoleh harga d -rerata. Untuk menghitung nilai kekerasan (HVN) secara cepat, digunakan tabel yang tersedia.
17. Setelah proses uji kekerasan berakhir, instrumen dimatikan dengan menarik tombol (14) dan melepaskan kabel yang berhubungan dengan sumber daya listrik.
18. Menurunkan beban pemberat yang telah digunakan untuk disimpan kedalam *box*.

Pekerjaan pengujian kekerasan material logam dilaksanakan berdasarkan prosedur yang berlaku, yaitu operator diwajibkan untuk mencatat data pengujian yang dilakukannya kedalam *Log book* Pengoperasian dan form Laporan Teknis yang tersedia. Pencatatan data hasil uji kekerasan dimaksudkan agar dapat tertelusur serta dapat dipertanggungjawabkan.

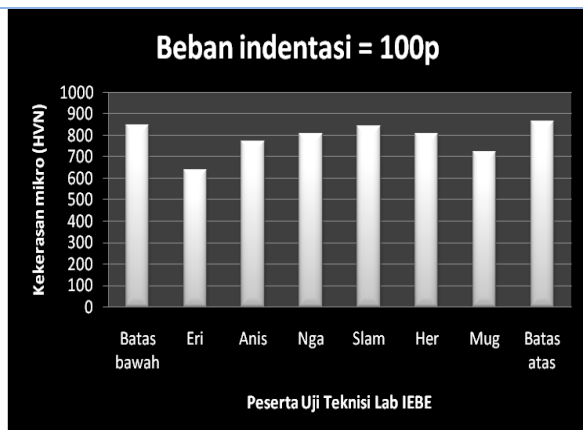
Hasil pengujian pada Tabel 1 dan Tabel 2, yaitu mengenai data diagonal indentasi (panjang jejak) dan nilai kekerasan material *Steel Standard* pada berbagai beban (100p, 200p, 300p dan 500p). Material standar adalah suatu jenis baja dengan label kekerasan $855 \text{ HV} \pm 0,010$ sebagai standar uji kelaikan alat yang ditetapkan oleh pabrik pembuat *Leitz Micro Hardness Tester* dengan nomor MP.A.37056.189 dan MP.A.35375.888, masing-masing dengan label kekerasan $599 \text{ HV} \pm 1,5\%$ dan $855 \text{ HV} \pm 1,0\%$. Kegunaan material *standar* adalah untuk mengetahui karakteristik instrumentasi tersebut atau sebagai material kalibrasi^(5,6).

Mengacu pada Panduan ISO/IEC 17025 dari Komite Akreditasi Nasional point (4.15.1) yang menggariskan tentang kaji ulang manajemen: Sesuai dengan jadwal dan prosedur yang telah ditetapkan sebelumnya, manajemen puncak laboratorium harus secara periodik menyelenggarakan kaji ulang pada sistem manajemen laboratorium dan kegiatan pengujian dan/ atau kalibrasi yang dilakukannya untuk memastikan kesinambungan kecocokan dan efektifitasnya, mengetahui perubahan atau peningkatan yang diperlukan serta meningkatkan kemahiran operator.

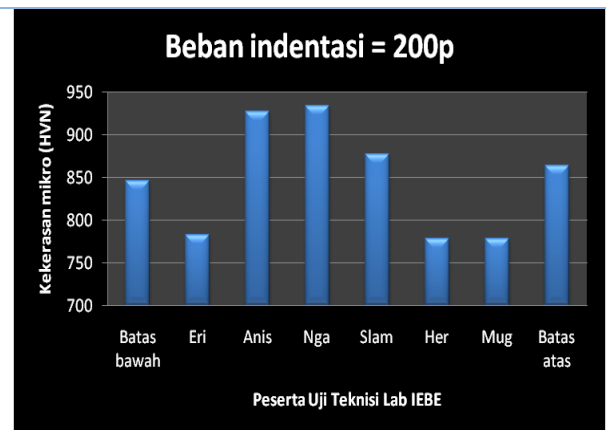
HASIL DAN BAHASAN

Data hasil pengukuran oleh operator / teknisi IEBE adalah seperti pada Tabel 1, sedangkan data hasil pengukuran mahasiswa praktek kerja lapangan (PKL) Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto seperti Tabel 2. Pada pengukuran teknisi laboratorium IEBE digunakan material Steel Standard kode MP.A.37056.189 dengan batas kekerasan 855 HV (deviasi 1%) atau batas kekerasan terendah = 846,45 HVN dan batas kekerasan tertinggi yang memenuhi = 863,55 HVN.

Adapun semua data yang dihasilkan dari para peserta operator / teknisi laboratorium IEBE seperti tergambar pada grafik berikut ini.



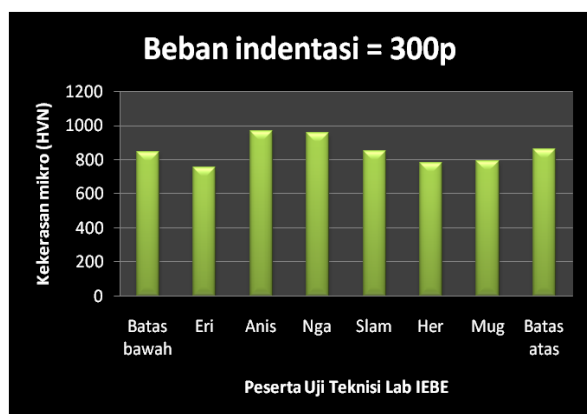
Gambar 4a. Hasil pengukuran operator/ teknisi IEBE, pada penggunaan beban 100p



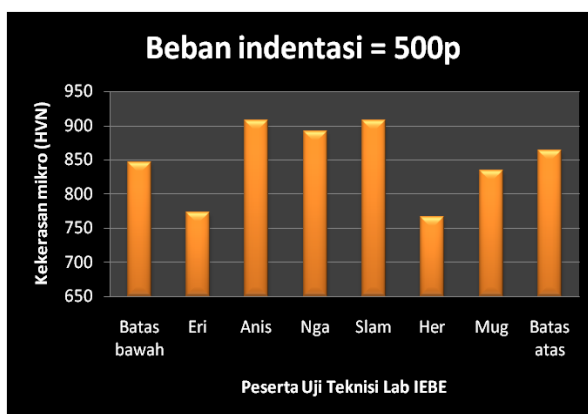
Gambar 4b. Hasil pengukuran operator/teknisi IEBE pada penggunaan beban 200p.

Pada gambar 4a tampak bahwa hasil indentasi pada pembebanan 100p yang dilakukan semua peserta teknisi IEBE tidak masuk sasaran (gagal). Data yang dilaporkan semua peserta berada dibawah batas toleransi ($< 846,450$ HVN). Namun setidaknya ada 3 peserta yang melaporkan hasil pengukuran indentasi mendekati

batas terbawah yaitu peserta dengan inisial Slam, Nga dan Her. Pada gambar 4b tampak bahwa hasil indentasi pada pembebanan 200p yang dilakukan semua peserta teknisi IEBE tidak masuk sasaran (gagal). Ada 3 peserta (Eri, Her, Mug) yang melaporkan data dibawah batas toleransi dan 3 peserta lainnya (Anis, Nga, Slam) melaporkan data diatas batas toleransi. Namun setidaknya 1 peserta telah melaporkan hasil pengukuran indentasi mendekati batas teratas yaitu peserta dengan inisial Slam.



Gambar 4c. Hasil pengukuran operator/ teknisi IEBE pada penggunaan beban 300p.

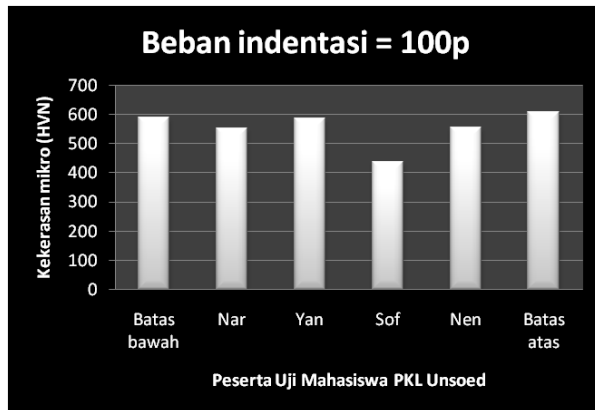


Gambar 4d. Hasil pengukuran operator/ teknisi IEBE pada penggunaan beban 500p.

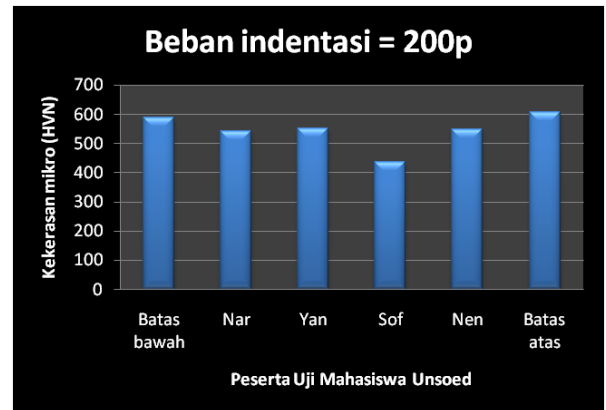
Pada gambar 4c tampak bahwa hasil indentasi pada pembebanan 300p yang dilakukan peserta operator / teknisi IEBE hanya 1 (Slam) yang masuk sasaran (berhasil). Data yang dilaporkan 3 peserta lainnya berada dibawah batas toleransi (< 846,450 HVN) dan 2 peserta melaporkan hasil pengukuran indentasi diatas batas toleransi (> 863,550 HVN). Pada gambar 4d tampak bahwa hasil indentasi pada pembebanan 500p yang dilakukan semua peserta teknisi IEBE tidak masuk sasaran (gagal). Ada 3 peserta (Eri, Her, Mug) yang melaporkan data dibawah batas toleransi dan 3 peserta lainnya (Anis, Nga, Slam) melaporkan data diatas batas toleransi. Namun setidaknya 1 peserta telah melaporkan hasil pengukuran indentasi mendekati batas teratas yaitu peserta dengan inisial Mug.

Hasil pengukuran oleh peserta mahasiswa PKL Unsoed di laboratorium IEBE digunakan material Steel Standard kode MP.A.35375.888 dengan batas kekerasan 599 HV (deviasi 1,5%) atau batas kekerasan terendah = 590,015 HVN dan batas

kekerasan tertinggi yang memenuhi = 607,985 HVN. Adapun semua data yang dihasilkan dari para peserta seperti tergambar pada grafik berikut ini.



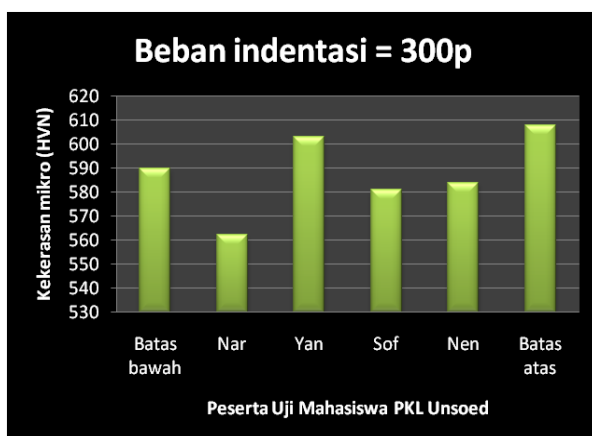
Gambar 5a. Hasil pengukuran Peserta Mahasiswa PKL Unsoed pada penggunaan beban 100p.



Gambar 5b. Hasil pengukuran Peserta Mahasiswa PKL Unsoed pada penggunaan beban 200p.

Pada gambar 5a tampak bahwa hasil indentasi pada pembebanan 100p yang dilakukan semua peserta mahasiswa PKL Unsoed tidak masuk sasaran (gagal). Data yang dilaporkan semua peserta berada dibawah batas toleransi terbawah (< 590,015 HVN). Namun setidaknya ada 1 peserta yang melaporkan hasil pengukuran indentasi mendekati batas terbawah yaitu peserta dengan inisial Yan. Pada gambar 5b tampak bahwa hasil indentasi yang dilakukan semua peserta mahasiswa PKL Unsoed tidak masuk sasaran (gagal). Semua data dibawah batas toleransi namun ada 1 peserta yang melaporkan data hasil pengukuran indentasi mendekati batas terbawah yaitu peserta dengan inisial Yan.

Pada gambar 5c tampak bahwa hasil indentasi pada pembebanan 300p yang dilakukan peserta mahasiswa PKL Unsoed hanya 1 (Yan) yang masuk sasaran (berhasil). Data yang dilaporkan 3 peserta lainnya berada dibawah batas toleransi (< 590,015 HVN).



Gambar 5c. Hasil pengukuran Mahasiswa PKL Unsoed pada penggunaan beban 300p.



Gambar 5d. Hasil pengukuran Mahasiswa PKL Unsoed pada penggunaan beban 500p.

Pada gambar 5d tampak bahwa hasil indentasi yang dilakukan semua peserta mahasiswa PKL Unsoed tidak masuk sasaran (gagal). Semua peserta melaporkan data dibawah batas toleransi namun setidaknya 1 peserta telah melaporkan hasil pengukuran indentasi pada pembebanan 500p mendekati batas teratas yaitu peserta dengan inisial Nen.

Data pengujian yang digambarkan dalam bentuk grafik memperlihatkan adanya kecenderungan bahwa pada pembebanan 200p dan 300p, nilai kekerasan material yang dilaporkan para peserta relatif mendekati nilai kekerasan material *steel standard* sekalipun hanya 2 peserta saja yang data uji indentasinya masuk *range* yang ditetapkan pabrikan. Hal ini mengindikasikan bahwa beban ideal yang laik digunakan untuk menguji kekerasan mikro suatu material adalah 200p atau 300p saja. Dapat dipahami bahwa beban 200p dan 300p merupakan beban ideal karena menghasilkan nilai kekerasan dengan akurasi yang sangat dekat dan sesuai dengan karakteristik instrumentasi tersebut.

Disisi lain bila kita kaji berdasarkan sifat material bahwa keras-lunak permukaan suatu logam (*termasuk steel standard*) disetiap lokasi penjejakan akan berbeda-beda karena faktor kehalusan permukaan, porositas, jenis perlakuan maupun perbedaan unsur-unsur paduan. Diagonal jejakan (d) dengan area yang lebih panjang pada suatu material uji memberikan kesan bahwa nilai kekerasan material rendah, sebaliknya diagonal jejakan dengan area lebih pendek memberikan kesan bahwa nilai kekerasan material tinggi. Ketahanan material terhadap deformasi indenter pada

permukaan logam tidak seragam sehingga identifikasi pada pengujian material sebaiknya dilakukan sebanyak mungkin (10 kali) guna menghasilkan data uji yang lebih akurat.

KESIMPULAN

- Beban ideal yang laik digunakan untuk menguji kekerasan material adalah 200p dan 300p sedangkan penggunaan beban 100p dan 500p memberikan nilai kekerasan yang jauh menyimpang.
- Berdasarkan data yang disajikan oleh masing-masing peserta, ternyata pengujian kekerasan mikro atau operator dari operator / teknisi IEBE yang cermat dalam melakukan pengukuran adalah berinisial "Slam".
- Pengujian kekerasan mikro dari mahasiswa PKL Unsoed yang cermat dalam melakukan pengukuran adalah berinisial "Yan".
- Secara keseluruhan, tingkat keberhasilan peserta dalam pelaksanaan kualifikasi alat *Mikro Hardness Tester* Metode Vicker's dikategorikan "memuaskan" karena pada penggunaan beban 200p dan 300p berada pada kategori mendekati range terbawah dari *steel standard*.
- Kemahiran operator dalam mengukur diagonal Indentasi amat dipengaruhi oleh pengalaman dalam pengoperasian alat, sehingga dengan makin banyak mengoperasikan alat uji kekerasan mikro maka data terukur akan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. BRADBURY E.J, Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.
2. ANONIM, Leitz Miniload 2 Micro Hardness Tester for Vickers-Knoop and Scratch Hardness, Ernst Leitz Wetzlar Canada Ltd, Midland Ontario, 1979.
3. SMALLMAN R.E, Metalurgi Fisik Modern, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991
4. HOWARD E. BOYER, Hardness Testing, ASM International, Metal Park, OH 44037, USA, 1987.
5. ANONIM, "Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi, *Standar Internasional ISO/IEC 17025*, Edisi kedua, Terjemahan Komite Akreditasi Nasional", 2005.
6. ISO/IEC 17025-2005 : Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium

LAMPIRAN

Tabel1. Data Hasil Pengukuran oleh operator/teknisi IEBE

Nama Operator	HVN pada Beban 100p	HVN pada Beban 200p	HVN pada Beban 300p	HVN pada Beban 500p	Batas terbawah	HVN Std	Batas teratas
Eri	637.3	782.7	757.7	773.3	846,45	855	863,55
Anis	771	927	969	907	846,45	855	863,55
Nga	806.7	933.3	960.7	891	846,45	855	863,55
Slam	841	877	853.7	907	846,45	855	863,55
Her	806	778	783.3	765.8	846,45	855	863,55
Mug	724	778	792	834.7	846,45	855	863,55

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran oleh Mahasiswa PKL UNSOED

Nama Operator	HVN pada Beban 100p	HVN pada Beban 200p	HVN pada Beban 300p	HVN pada Beban 500p	HVN Std	HVN Std	HVN Std
Nar	554.2	542	562.2	477.7	590,015	599	607,985
Yan	586	552	603	536	590,015	599	607,985
Sof	438	437	581	496	590,015	599	607,985
Nen	556	548	584	548	590,015	599	607,985

Tabel 3. Konversi kekerasan mikro dalam satuan HVN (Hardness Vicker's Number)

berdasar diagonal indentasi.

Prüfkraft F = 981,0 mN (100 p)										
d in μ	Vickershärte HV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	61,3	61,1	60,8	60,6	60,4	60,2	60,0	59,8	59,5	59,3
56	59,1	58,9	58,7	58,5	58,3	58,1	57,9	57,7	57,5	57,3
57	57,1	56,9	56,7	56,5	56,3	56,1	55,9	55,7	55,5	55,3
58	55,1	54,9	54,7	54,5	54,4	54,2	54,0	53,8	53,6	53,4
59	53,3	53,1	52,9	52,7	52,5	52,4	52,2	52,0	51,8	51,7
60	51,5	51,3	51,2	51,0	50,8	50,7	50,5	50,3	50,2	50,0
61	49,8	49,7	49,5	49,3	49,2	49,0	48,9	48,7	48,5	48,4
62	48,2	48,1	47,9	47,8	47,6	47,5	47,3	47,2	47,0	46,9
63	46,7	46,6	46,4	46,3	46,1	46,0	45,8	45,7	45,5	45,4
64	45,3	45,1	45,0	44,8	44,7	44,6	44,4	44,3	44,2	44,0
65	43,9	43,7	43,6	43,5	43,3	43,2	43,1	43,0	42,8	42,7
66	42,6	42,4	42,3	42,2	42,1	41,9	41,8	41,7	41,5	41,4
67	41,3	41,2	41,1	40,9	40,8	40,7	40,6	40,5	40,3	40,2
68	40,1	40,0	39,9	39,7	39,6	39,5	39,4	39,3	39,2	39,1
69	38,9	38,8	38,7	38,6	38,5	38,4	38,3	38,2	38,1	37,9
70	37,8	37,7	37,6	37,5	37,4	37,3	37,2	37,1	37,0	36,9
71	36,8	36,7	36,6	36,5	36,4	36,3	36,2	36,1	36,0	35,9
72	35,8	35,7	35,6	35,5	35,4	35,3	35,2	35,1	35,0	34,9
73	34,8	34,7	34,6	34,5	34,4	34,3	34,2	34,1	34,0	33,9
74	33,9	33,8	33,7	33,6	33,5	33,4	33,3	33,2	33,1	33,0
75	33,0	32,9	32,8	32,7	32,6	32,5	32,4	32,3	32,2	32,1
76	32,1	32,0	31,9	31,8	31,7	31,6	31,5	31,4	31,3	31,2
77	31,3	31,2	31,1	31,0	30,9	30,8	30,7	30,6	30,5	30,4
78	30,5	30,4	30,3	30,2	30,1	30,0	29,9	29,8	29,7	29,6
79	29,7	29,6	29,5	29,4	29,3	29,2	29,1	29,0	28,9	28,8
80	28,9	28,8	28,7	28,6	28,5	28,4	28,3	28,2	28,1	28,0
81	28,3	28,2	28,1	28,0	27,9	27,8	27,7	27,6	27,5	27,4
82	27,6	27,5	27,4	27,3	27,2	27,1	27,0	26,9	26,8	26,7
83	26,9	26,8	26,7	26,6	26,5	26,4	26,3	26,2	26,1	26,0
84	26,3	26,2	26,1	26,0	25,9	25,8	25,7	25,6	25,5	25,4
85	25,7	25,6	25,5	25,4	25,3	25,2	25,1	25,0	24,9	24,8
86	25,1	25,0	24,9	24,8	24,7	24,6	24,5	24,4	24,3	24,2
87	24,5	24,4	24,3	24,2	24,1	24,0	23,9	23,8	23,7	23,6
88	23,9	23,8	23,7	23,6	23,5	23,4	23,3	23,2	23,1	23,0
89	23,4	23,3	23,2	23,1	23,0	22,9	22,8	22,7	22,6	22,5
90	22,9	22,8	22,7	22,6	22,5	22,4	22,3	22,2	22,1	22,0
91	22,4	22,3	22,2	22,1	22,0	21,9	21,8	21,7	21,6	21,5
92	21,9	21,8	21,7	21,6	21,5	21,4	21,3	21,2	21,1	21,0
93	21,4	21,3	21,2	21,1	21,0	20,9	20,8	20,7	20,6	20,5
94	21,0	20,9	20,8	20,7	20,6	20,5	20,4	20,3	20,2	20,1
95	20,5	20,4	20,3	20,2	20,1	20,0	19,9	19,8	19,7	19,6
96	20,1	20,0	19,9	19,8	19,7	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2

Prüfkraft F = 1,961 N (200 p)										
d in μ	Vickershärte HV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
61	99,7	99,3	99,0	98,7	98,4	98,0	97,7	97,4	97,1	96,8
62	96,5	96,2	95,9	95,6	95,2	94,9	94,6	94,3	94,0	93,7
63	93,4	93,1	92,9	92,6	92,3	92,0	91,7	91,4	91,1	90,8
64	90,6	90,3	90,0	89,7	89,4	89,1	88,9	88,6	88,3	88,1
65	87,8	87,5	87,2	87,0	86,7	86,4	86,2	85,9	85,7	85,4
66	85,1	84,9	84,6	84,4	84,1	83,9	83,6	83,4	83,1	82,9
67	82,6	82,4	82,1	81,9	81,6	81,4	81,2	80,9	80,7	80,4
68	80,2	80,0	79,7	79,5	79,3	79,0	78,8	78,6	78,4	78,1
69	77,9	77,7	77,4	77,2	77,0	76,8	76,5	76,3	76,1	75,9
70	75,7	75,5	75,2	75,0	74,8	74,6	74,4	74,2	74,0	73,8
71	73,6	73,4	73,1	72,9	72,7	72,5	72,3	72,1	71,9	71,7
72	71,5	71,3	71,1	70,9	70,7	70,5	70,4	70,2	70,0	69,8
73	69,6	69,4	69,2	69,0	68,8	68,6	68,5	68,3	68,1	67,9
74	67,7	67,5	67,3	67,2	67,0	66,8	66,6	66,5	66,3	66,1
75	65,9	65,7	65,6	65,4	65,2	65,0	64,9	64,7	64,5	64,4
76	64,2	64,0	63,9	63,7	63,5	63,4	63,2	63,0	62,9	62,7
77	62,5	62,4	62,2	62,1	61,9	61,7	61,6	61,4	61,3	61,1
78	60,9	60,8	60,6	60,5	60,3	60,2	60,0	59,9	59,7	59,6
79	59,4	59,3	59,1	59,0	58,8	58,7	58,5	58,4	58,2	58,1
80	57,9	57,8	57,6	57,5	57,4	57,2	57,1	56,9	56,8	56,7
81	56,5	56,4	56,2	56,1	56,0	55,8	55,7	55,6	55,4	55,3
82	55,1	55,0	54,9	54,7	54,6	54,5	54,3	54,2	54,1	54,0
83	53,8	53,7	53,6	53,4	53,3	53,2	53,1	52,9	52,8	52,7
84	52,6	52,4	52,3	52,2	52,1	51,9	51,8	51,7	51,6	51,4
85	51,3	51,2	51,1	51,0	50,8	50,7	50,6	50,5	50,4	50,3
86	50,1	50,0	49,9	49,8	49,7	49,6	49,4	49,3	49,2	49,1
87	49,0	48,9	48,8	48,7	48,5	48,4	48,3	48,2	48,1	48,0
88	47,9	47,8	47,7	47,6	47,4	47,3	47,2	47,1	47,0	46,9
89	46,8	46,7	46,6	46,5	46,4	46,3	46,2	46,1	46,0	45,9
90	45,8	45,7	45,6	45,5	45,4	45,3	45,2	45,1	45,0	44,9
91	44,8	44,7	44,6	44,5	44,4	44,3	44,2	44,1	44,0	43,9
92	43,8	43,7	43,6	43,5	43,4	43,3	43,2	43,1	43,0	42,9
93	42,9	42,8	42,7	42,6	42,5	42,4	42,3	42,2	42,1	42,0
94	42,0	41,9	41,8	41,7	41,6	41,5	41,4	41,3	41,2	41,1
95	41,1	41,0	40,9	40,8	40,7	40,6	40,5	40,4	40,3	40,2
96	40,2	40,1	40,0	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,4	39,3
97	39,4	39,3	39,2	39,1	39,0	38,9	38,8	38,7	38,6	38,5
98	38,6	38,5	38,4	38,3	38,2	38,1	38,0	37,9	37,8	37,7
99	37,8	37,7	37,6	37,5	37,4	37,3	37,2	37,1	37,0	36,9

Prüfkraft F = 2,942 N (300 p)

d in μ	Vickershärte HV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1390	1375	1363	1350	1336	1324	1311	1298	1286	1274
21	1261	1249	1238	1226	1215	1204	1192	1181	1171	1160
22	1149	1138	1128	1118	1107	1097	1089	1079	1070	1060
23	1051	1042	1032	1023	1015	1006	998	990	982	974
24	966	958	950	942	934	926	919	912	905	898
25	890	883	876	869	862	855	848	842	836	829
26	823	817	810	804	798	792	786	780	774	768
27	763	758	752	746	741	736	730	725	720	715
28	710	705	700	694	690	685	680	675	671	666
29	662	657	652	648	643	639	635	631	627	622
30	618	614	610	606	602	598	594	590	586	583
31	579	575	571	568	564	561	557	554	550	546

d in μ	Vickershärte HV					d in μ	Vickershärte HV				
	0	2	4	6	8		0	2	4	6	8
32	543	537	530	523	517	47	252	250	248	246	243
33	511	504	498	493	487	48	241	239	238	236	234
34	481	476	470	465	459	49	232	230	228	226	224
35	454	449	444	439	434	50	223	221	219	217	216
36	429	424	420	415	411	51	214	212	211	209	207
37	406	402	398	394	389	52	206	204	203	201	200
38	385	381	377	373	369	53	198	197	195	194	192
39	366	362	358	355	351	54	191	189	188	187	185
40	348	344	341	338	334	55	184	183	181	180	179
41	331	328	325	322	319	56	177	176	175	174	172
42	315	312	309	307	304	57	171	170	169	168	167
43	301	298	295	293	290	58	165	164	163	162	161
44	287	285	282	280	277	59	160	159	158	157	156
45	275	272	270	268	265	60	155	154	153	152	151
46	263	261	258	256	254						

d in μ	Vickers- härte HV	d in μ	Vickers- härte HV	d in μ	Vickers- härte HV	d in μ	Vickers- härte HV	d in μ	Vickers- härte HV
61	150	65,5	130	70	114	74,5	100	79	89,1
61,5	148	66	128	70,5	112	75	98,9	79,5	88,1
62	145	66,5	126	71	110	75,5	97,7	80	86,9
62,5	143	67	124	71,5	109	76	96,3	80,5	85,9
63	140	67,5	122	72	107	76,5	95,2	81	84,8
63,5	138	68	120	72,5	106	77	93,8	81,5	83,8
64	136	68,5	118	73	104	77,5	92,7	82	82,7
64,5	134	69	117	73,5	103	78	91,4	82,5	81,8
65	132	69,5	115	74	102	78,5	90,4	83	80,8

Prüfkraft F = 4,903 N (500 p)

d in μ	Vickers- härte HV	d in μ	Vickers- härte HV	d in μ	Vickers- härte HV	d in μ	Vickers- härte HV	d in μ	Vickers- härte HV
51	356	70,5	187	109	78,0	148	42,3	187	26,5
51,5	350	71	184	110	76,7	149	41,8	188	26,2
52	343	72	179	111	75,3	150	41,2	189	26,0
52,5	336	73	174	112	73,9	151	40,7	190	25,7
53	330	74	169	113	72,6	152	40,1	191	25,4
53,5	324	75	165	114	71,4	153	39,6	192	25,2
54	318	76	161	115	70,1	154	39,1	193	24,9
54,5	312	77	156	116	68,9	155	38,6	194	24,6
55	307	78	152	117	67,7	156	38,1	195	24,4
55,5	301	79	149	118	66,6	157	37,6	196	24,1
56	296	80	145	119	65,5	158	37,1	197	23,9
56,5	290	81	141	120	64,4	159	36,7	198	23,7
57	285	82	138	121	63,3	160	36,2	199	23,4
57,5	280	83	135	122	62,3	161	35,8	200	23,2
58	276	84	131	123	61,3	162	35,3	201	22,9
58,5	271	85	128	124	60,3	163	34,9	202	22,7
59	266	86	125	125	59,3	164	34,5	203	22,5
59,5	262	87	122	126	58,4	165	34,1	204	22,3
60	258	88	120	127	57,5	166	33,6	205	22,1
60,5	253	89	117	128	56,6	167	33,2	206	21,8
61	249	90	114	129	55,7	168	32,9	207	21,6
61,5	245	91	112	130	54,9	169	32,5	208	21,4
62	241	92	110	131	54,0	170	32,1	209	21,2
62,5	237	93	107	132	53,2	171	31,7	210	21,0
63	234	94	105	133	52,4	172	31,3	211	20,8
63,5	230	95	103	134	51,6	173	31,0	212	20,6
64	226	96	101	135	50,9	174	30,6	213	20,4
64,5	223	97	98,5	136	50,1	175	30,3	214	20,2
65	219	98	96,5	137	49,4	176	29,9	215	20,1
65,5	216	99	94,6	138	48,7	177	29,6	216	19,9
66	213	100	92,7	139	48,0	178	29,3	217	19,7
66,5	210	101	90,8	140	47,3	179	28,9	218	19,5
67	207	102	89,2	141	46,6	180	28,6	219	19,3
67,5	204	103	87,4	142	46,0	181	28,3	220	19,2
68	201	104	85,7	143	45,3	182	28,0	221	19,0
68,5	198	105	84,1	144	44,7	183	27,7	222	18,8
69	195	106	82,5	145	44,1	184	27,4	223	18,6
69,5	192	107	81,0	146	43,5	185	27,1	224	18,5
70	189	108	79,5	147	42,9	186	26,8	225	18,3